



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 58 403 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
**B 60 K 6/04**  
B 60 K 41/00

⑲ Aktenzeichen: 199 58 403.6  
⑳ Anmeldetag: 3. 12. 1999  
㉔ Offenlegungstag: 7. 6. 2001

DE 199 58 403 A 1

⑦ Anmelder:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦ Erfinder:  
Boll, Wolf, Dr., 71384 Weinstadt, DE

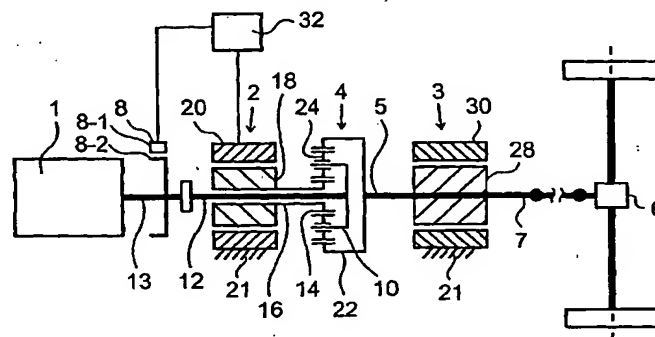
⑤ Entgegenhaltungen:  
EP 8 39 683 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤ Hybridantriebsstrang für Kraftfahrzeuge

⑤ Das Fahrzeugantriebsdrehmoment kann wahlweise vom Verbrennungsmotor oder nach Abschalten des Verbrennungsmotors (1) durch einen Elektromotor (3) erzeugt werden. Damit bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor (1), wenn das Fahrzeugantriebsdrehmoment von dem Elektromotor (3) erzeugt wird, über ein Ausgleichsgetriebe (4) keine nachteilig großen Schleppmomente auf die Kurbelwelle (14) übertragen werden, wird in einer ersten elektrischen Maschine (2) ein diese Schleppmomente kompensierendes Drehmoment in der Weise erzeugt, daß die Kurbelwelle in ihrer Ruhelage verharrt.



DE 199 58 403 A 1

Die Erfindung betrifft einen Hybridantriebsstrang für Kraftfahrzeuge gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Hierbei handelt es sich um einen sogenannten Hybridantrieb, welcher wahlweise von einem Verbrennungsmotor und/oder mindestens einer elektrischen Maschine antreibbar ist.

Ein Kraftfahrzeug-Antriebsstrang nach der im Oberbegriff von Anspruch 1 angegebenen Art ist aus der EP 0839683 A2 bekannt. Sie enthält ein Planetengetriebe, einen ersten Motor-Generator, einen zweiten Motor-Generator und eine computerisierte elektronische Steuereinrichtung für den Verbrennungsmotor und die elektrischen Motor-Generator-Maschinen. Die elektrischen Motor-Generator-Maschinen werden im Folgenden auch als EM bezeichnet. Der Rotor der ersten EM ist mit dem Sonnenrad des Planetengetriebes, der Rotor der zweiten EM ist mit einer Abtriebswelle eines Planetenträgers des Planetengetriebes und die Kurbelwelle eines Verbrennungsmotors ist mit dem Planetenträger des Planetengetriebes verbunden. In Erwiderung auf eine Verbrennungsmotor-Stopinstruktion wird die Brennstoffzufuhr zum Verbrennungsmotor unterbrochen, das Fahrzeug von der zweiten EM angetrieben und die erste EM von der Steuereinrichtung angesteuert, um ein der Rotation der Kurbelwelle entgegen wirkendes Drehmoment über das Planetengetriebe so lange zu erzeugen, bis die Drehzahl der Kurbelwelle Null wird. Hierfür sind Drehwinkelmeßeinrichtungen zur Messung der Drehwinkel des Sonnenrades, des Hohlrades, und des Planetenträgers des Planetengetriebes vorgesehen.

Durch den bekannten Antriebsstrang soll die Aufgabe gelöst werden, die Drehzahl des Verbrennungsmotors nach dem Abschalten der Brennstoffzufuhr in sehr kurzer Zeit auf Null zu reduzieren, damit der Resonanzfrequenzbereich des Motors, welcher zu nachteiligen Schwingungen im gesamten Antriebsstrang und Fahrzeug führen kann, so schnell wie möglich durchlaufen wird. Wenn die Kurbelwelle die Drehzahl Null erreicht hat, wird die zweite EM von der Steuereinrichtung nicht mehr angesteuert, um mit einem Gegenhaltmoment die dynamischen Einflüsse des Verbrennungsmotors zu kompensieren. Lediglich die erste EM wird laufend von der Steuereinrichtung auf die Drehzahl gebracht, die die resultierende Drehzahl Null am Motor gewährleistet. Die Regelanforderung ist allerdings noch strenger; denn über die Drehzahl Null hinaus muß die Kurbelwelle in ihrer neutralen Ruhelage gehalten werden, damit nicht durch Schleppmomente der EM 1 oder durch deren Massenträgheit bei Fahrzeuggeschwindigkeitsveränderungen ein Rumpeln über die Kompressionstotpunkte erfolgt.

Die vorliegende Erfindung betrifft nicht nur Hybridantriebe mit einem Planetengetriebe, sondern alle Hybridantriebe, bei welchen ein Verbrennungsmotor und elektrische Maschinen (Elektromotor, Generator, oder vorzugsweise kombinierte elektrische Motor-Generator-Maschinen) über ein Ausgleichsgetriebe (Planetengetriebe, Differentialgetriebe, Verzweigungsgetriebe) antriebsmäßig aneinander gekoppelt sind.

Zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs kann der Verbrennungsmotor ausgeschaltet und das Kraftfahrzeug nur von einer oder mehreren der elektrischen Maschinen, als Elektromotor betrieben, angetrieben werden, welche ihre Energie aus einer elektrischen Batterie erhalten. Ferner sind auch Ausführungen möglich, bei welchen das Fahrzeug bei erhöhtem Leistungsbedarf vom Verbrennungsmotor und gleichzeitig von mindestens einer EM angetrieben werden kann. Das "Ausschalten" des Verbrennungsmotors bedeutet, daß ein Außer-Betriebs-Zustand eingeschaltet wird, bei wel-

chem der Verbrennungsmotor keinen Kraftstoff mehr verbraucht. Dies kann durch Unterbrechen der Kraftstoffzufuhr und/oder durch Abschalten der elektrischen Zündeinrichtung des Verbrennungsmotors erfolgen.

Wenn bei ausgeschaltetem Verbrennungsmotor die Abtriebswelle des Antriebsstranges nur von der zweiten, als Elektromotor betriebenen elektrischen Maschine angetrieben wird, dann sollte der Rotor der ersten elektrischen Maschine von dem Planetengetriebe nicht mitgeschleppt werden, sondern relativ zum Planetengetriebe drehmomentfrei bleiben, damit auf die Kurbelwelle des Verbrennungsmotors kein Schleppmoment ausgeübt wird. Ein solches Schleppmoment kann an der Kurbelwelle Zuckelbewegungen erzeugen, insbesondere bei starken Drehmomenten bei Beschleunigungen oder Verzögerungen des Kraftfahrzeuges.

Solche Zuckelbewegungen des Verbrennungsmotors sollten verhindert werden a) wegen der komfortmindernden Rückwirkung auf den Antriebsstrang und die Fahrzeuginsassen und b) wegen der Betriebssicherheit und Lebensdauer der Antriebsselemente, welche Eigenfrequenzen haben, beispielsweise die Eigenfrequenzen von Kurbelwelle, einem die Abtriebswelle enthaltenden Kardanstrang, und einer Verbrennungsmotor-Steuerkette.

Die als Generator mitgeschleppte erste EM ist jedoch auf das Ausgleichsgetriebe nicht drehmomentfrei, sondern es besitzt ein auf das Ausgleichsgetriebe wirkendes beträchtliches Schleppmoment, welches mit zunehmender Drehzahl steigt, und es besitzt vor allem ein sehr großes, über das Ausgleichsgetriebe wirkendes, Massenträgheitsmoment, welches bewirkt, daß bei Beschleunigungs- und bei Bremsvorgängen des Fahrzeuges die Rotordrehzahl der ersten EM konstant Null bleiben will, so daß an dem Ausgleichsgetriebe ein auf die Kurbelwelle des Verbrennungsmotors wirkendes Drehmoment entsteht, durch welches die Kurbelwelle aus ihrer Stillstands-Drehwinkelposition herausgedreht werden kann.

Durch die Erfindung soll die Aufgabe gelöst werden, Zuckelbewegungen der Kurbelwelle aus ihrer Stillstands-Drehwinkelposition heraus zu verhindern oder mindestens stark zu reduzieren, wenn das Fahrzeug bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor von einer elektrischen Maschine angetrieben wird.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 1 gelöst.

Durch die Erfindung wird die Kurbelwelle stets im gleichen Kompressionstal gehalten, welches zwischen dem zurückliegenden und dem nächstfolgenden Kompressionsdrehmomentberg liegt.

Demzufolge ist der Kraftfahrzeug-Antriebsstrang gemäß der Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Sensormittel vorgesehen ist, welches bei der zweiten Betriebsart, nachdem die Motorabtriebswelle eine vorbestimmte Ruhelage-Drehwinkelstellung erreicht hat, in Abhängigkeit von Drehmomentwirkungen im Antriebsstrang der Steuereinrichtung Signale liefert, in Abhängigkeit von welchen die erste elektrische Maschine von der Steuereinrichtung ansteuerbar ist, um ein elektrisches Drehmoment zu erzeugen, durch welches diese erste elektrische Maschine ihre eigenen Schlepp- und Trägheitsmomente mindestens teilweise kompensiert und dadurch am Ausgleichsgetriebe im Wesentlichen drehmomentfrei bleibt oder drehmomentfrei wird, um Verdrehungen der Motorabtriebswelle aus der definierten Ruhelage-Drehwinkelstellung heraus zu verhindern oder solchen Verdrehungen entgegen zu wirken.

Somit wird den genannten Zuckelbewegungen der Kurbelwelle gemäß der Erfindung dadurch abgeholfen, daß mindestens ein Drehwinkelpositionsgeber einem Steuergerät jegliche Abweichungen der Kurbelwelle aus einer vorbe-

stimmten Ruhelage meldet und daß in Abhängigkeit davon in der ersten elektrischen Maschine ein elektrisches Drehmoment erzeugt wird, welches die Reibungs-, Trägheits- und sonstigen Schleppmomente dieser ersten elektrischen Maschine kompensiert, so daß immer wieder die Ausgangsruhelage der Kurbelwelle eingeregelt wird.

Das Steuergerät ist vorzugsweise ein computerisiertes elektronisches Gerät zur Steuerung und/oder Regelung der elektrischen Maschinen und vorzugsweise auch des Verbrennungsmotors. Vorzugsweise enthält es hierfür entsprechende Programme (Motormanagement u. a.).

Die genannten Abweichungen werden von der Steuereinrichtung vorzugsweise über eine Leistungselektronik in eine Korrekturbewegung der ersten elektrischen Maschine umgewandelt, so daß diese erste elektrische Maschine aktiv mitwirkt, damit selbst bei starken Fahrzeugbeschleunigungen oder -verzögerungen von ihr kein Drehmoment auf das Leistungsverzweigungsgetriebe ausgeübt wird, so daß die Kurbelwelle in ihrer vorbestimmten Ruhelage bleibt beziehungsweise bei einer Auslenkung aus dieser Ruhelage in die Ruhelage zurückdreht.

Korrigierte Pendelbewegungen der Kurbelwelle, die von den regelungstechnischen Zeitabläufen herrühren, haben keinen störenden Einfluß auf den Antriebsstrang, da die Winkelausschläge der Kurbelwelle weit unter  $\pm 15$  Grad gehalten werden können. Die neutrale Ruhelage findet die Kurbelwelle beim Abschalten des Verbrennungsmotors dadurch, daß sie beim Herunterfahren der Drehzahl gezielt in eine bestimmte Winkelposition gebracht wird. Diese Winkelposition wird dann regelungstechnisch immer eingehalten durch die vorgenannte Funktion der ersten elektrischen Maschine, durch welche verhindert wird, daß diese erste elektrische Maschine ein wesentliches Drehmoment auf das Leistungsverzweigungsgetriebe ausübt, wenn das Fahrzeug von der zweiten elektrischen Maschine bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor angetrieben wird.

Der Winkelpositionsgeber kann mit der Kurbelwelle oder mit einem anderen Element gekoppelt sein oder zusammenwirken, zum Beispiel optisch oder elektromagnetisch oder in anderer Weise, welches mit der Kurbelwelle in Drehantriebsverbindung steht.

Die Erfindung wird im Folgenden mit Bezug auf die beiliegende Zeichnung anhand einer bevorzugten Ausführungsform als Beispiel beschrieben. Die Zeichnung zeigt in

Fig. 1 schematisch einen Hybridantriebsstrang nach der Erfindung für Kraftfahrzeuge.

Der Hybridantriebsstrang für Kraftfahrzeuge enthält einen Verbrennungsmotor 1, eine erste elektrische Maschine 2, eine zweite elektrische Maschine 3, ein Ausgleichsgetriebe in Form eines Planetengetriebes 4, eine Abtriebswelle 5, ein Hinterachs-Differentialgetriebe 6, eine die Abtriebswelle 5 mit dem Hinterachs-Differentialgetriebe 6 verbindende Kardanwelle 7, und einen Winkellagenpositionsgeber 8.

Das Planetengetriebe 4 enthält einen Planetenträger 10, welcher über eine Planetenträgerwelle 12 mit der Kurbelwelle 13 des Verbrennungsmotors 1 antriebsmäßig verbunden oder verbindbar ist oder ein einstückiges Teil dieser Kurbelwelle 13 ist.

Ein Sonnenrad 14 des Planetengetriebes 4 ist über eine hohle Sonnenradwelle 16, durch welche sich die Planetenträgerwelle 12 erstreckt, mit dem Rotor 18 der ersten elektrischen Maschine 2 antriebsmäßig verbunden oder verbindbar. Der Stator 20 der ersten elektrischen Maschine 2 ist relativ zu einem Gehäuse 21 nicht-rotierend angeordnet.

Ein Hohlrad 22 des Planetengetriebes 4 ist mit der Abtriebswelle 5 antriebsmäßig verbunden oder verbindbar und auf der von der Planetenträgerwelle 12 abgewandten Getrie-

beseite angeordnet.

Mit dem Sonnenrad 14 und dem Hohlrad 22 sind Planetenräder 24 des Planetenträgers 10 in Zahneingriff.

Die zweite elektrische Maschine 3 hat einen mit der Abtriebswelle 5 drehfest verbundenen oder verbindbaren Rotor 28 und einen relativ zu dem Gehäuse 21 nicht-drehbar angeordneten Stator 30.

"Antriebsmäßig verbunden oder verbindbar" bedeutet in der Beschreibung und den Patentansprüchen, daß eine Drehantriebsverbindung vorhanden ist oder durch ein Schaltelement herstellbar ist, z. B. durch eine Schaltkupplung.

Eine Steuereinrichtung 32, welche vorzugsweise computerisiert ist, ist mit dem Winkellagenpositionsgeber 8 und mit den beiden elektrischen Maschinen 2 und 3 über elektrische Leitungen verbunden und enthält vorzugsweise eine Leistungselektronik für den Betrieb der beiden elektrischen Maschinen 2 und 3.

Die beiden elektrischen Maschinen 2 und 3 können wahlweise als elektrischer Motor oder als elektrischer Generator benutzt werden, wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist. Für die Erklärung der vorliegenden Erfindung ist nur die Beschreibung von folgenden zwei Betriebsarten erforderlich: Eine erste Betriebsart, bei welcher die Abtriebswelle 5 und damit auch das Planetengetriebe 6 von dem Verbrennungsmotor (allein oder in Kombination mit der einen und/oder der anderen der beiden elektrischen Maschinen 2 und 3) angetrieben wird, und eine zweite Betriebsart, bei welcher bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor 1 die Abtriebswelle 5 nur von der zweiten elektrischen Maschine 3 angetrieben wird. "Abgeschaltet" bedeutet, daß dem Verbrennungsmotor 1 kein Brennstoff zugeführt wird oder er keinen Brennstoff aufnimmt und daß die Kurbelwelle in einer vorbestimmten Ruhelage-Drehwinkelposition verbleibt, weil sie vom Verbrennungsmotor 1 nicht angetrieben wird. Bei beiden Betriebsarten besteht die Möglichkeit eines Schubbetriebes, bei welchem die Abtriebswelle 5 von den Fahrzeugrädern angetrieben wird (Leerlauffahrt, Bergabfahrt, Bremsbetrieb).

Der Winkellagenpositionsgeber 8 meldet bei der zweiten Betriebsart der Steuereinrichtung 32, ob die Kurbelwelle 13 in der vorbestimmten Ruhelage-Drehwinkelposition ist oder in der einen oder anderen Drehrichtung davon herausgedreht wurde durch ein von dem Planetengetriebe 4 auf die Kurbelwelle gegebenenfalls einwirkendes Drehmoment.

Die erste elektrische Maschine 2 ist von der Steuereinrichtung 32 derart ansteuerbar, daß sie jeweils ein elektrisches Drehmoment erzeugt, durch welches sie am Planetengetriebe 4 weitgehend drehmomentfrei bleibt, das heißt, daß das Planetengetriebe 4 auf sie kein wesentliches Drehmoment ausüben kann, so daß das Planetengetriebe 4 auch auf die Kurbelwelle 13 in der vorbestimmten Ruhelage-Drehwinkelstellung kein wesentliches Drehmoment ausüben kann. Damit werden nachteilige Zuckelbewegungen der Kurbelwelle 13 vermieden.

In Fig. 1 ist der Winkellagenpositionsgeber 8 mit der Kurbelwelle 13 gekoppelt, beispielsweise elektromagnetisch oder kapazitiv oder in anderer bekannter Weise. Der Winkellagenpositionsgeber 8 kann einen ortsfesten Sensor 8-1 und ein damit zusammenwirkendes Element 8-2 oder eine Markierung an der Kurbelwelle 13 aufweisen.

Gemäß anderen Ausführungsformen braucht jedoch der Winkellagenpositionsgeber 8 nicht mit der Kurbelwelle 13 gekoppelt zu sein. Die gleiche Funktion kann erreicht werden, wenn der Winkellagenpositionsgeber 8 mit einem anderen Element funktionsmäßig zusammenwirkt, welches mit der Kurbelwelle 13 in Drehantriebsverbindung ist, beispielsweise dem Planetenträger 10 des Planetengetriebes 4 oder einem Riemenantrieb oder Kettenantrieb des Verbren-

nungsmotors 1.

Es ist ersichtlich, daß zusätzlich zu einem Winkelpositiongeber 8 auch andere Sensoren und Meßeinrichtungen verwendet werden können, insbesondere Drehmomentsensoren an der Kurbelwelle 13 oder an einem anderen mit ihr in Drehantriebsverbindung stehenden Element, z. B. an der Sonnenradwelle 16, um in der zweiten elektrischen Maschine 2 ein Drehmoment zu erzeugen, durch welches die Kurbelwelle 13 in ihrer vorbestimmten Ruhelage-Drehwinkelposition gehalten oder bei Auslenkungen daraus in sie zurückgedreht wird. Hier besteht die Möglichkeit, nicht erst bei Abweichungen von der Ruhelage-Drehwinkelposition, sondern bereits vorher bei einer Tendenz hierfür entgegenzuwirken durch ein kompensierendes elektrisches Drehmoment in der ersten elektrischen Maschine 2.

Gemäß einer anderen Ausführungsform wird die Kurbelwelle 13 nicht genau in Ruhelage-Drehwinkelposition gehalten, sondern innerhalb eines vorbestimmten Ruhelage-Drehwinkelbereiches. In den Patentansprüchen umfaßt der Begriff Ruhelage-Drehwinkelposition auch einen solchen Toleranzbereich von z. B. maximal  $\pm 15^\circ$ .

Der Verbrennungsmotor 1 kann ein Ottomotor oder Dieselmotor mit einer Kurbelwelle sein.

Das Schleppmoment der ersten elektrischen Maschine 2 steigt mit zunehmender Drehzahl, und das Massenträgheitsmoment dieser ersten elektrischen Maschine 2 ist um so größer, je größer Beschleunigungs- oder Verzögerungsdrehmomente im Ausgleichsgetriebe 4 sind. Zu deren Kompensierung in der ersten elektrischen Maschine erzeugte elektrische Drehmomente sind somit drehzahl-, drehrichtungs-, beschleunigungs- und verzögerungsabhängig. Alle diese Kriterien werden gemäß der Erfindung auf einfache Weise gleichzeitig dadurch berücksichtigt, daß der Winkelpositiongeber 8 der Steuereinrichtung 2 in der genannten Weise mitteilt, ob die Kurbelwelle 13 bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor in der vorbestimmten Ruhelage-Drehwinkelposition ist oder in der einen oder anderen Drehrichtung davon herausgedreht wurde.

#### Patentansprüche

1. Hybridantriebsstrang für Kraftfahrzeuge, enthaltend ein Ausgleichsgetriebe (4), mindestens eine erste elektrische Maschine (2), mindestens eine zweite elektrische Maschine (3), eine Steuereinrichtung (32), wobei der Rotor (18) der ersten elektrischen Maschine (2) mit einem ersten Reaktionsteil (14) des Ausgleichsgetriebes (4), der Rotor (28) der zweiten elektrischen Maschine (3) mit einem zweiten Reaktionsteil (22) dieses Ausgleichsgetriebes (4) und mit einer Getriebeabtriebswelle (5), und eine Motorabtriebswelle (13) mit einem dritten Reaktionsteil (14) des Ausgleichsgetriebes (4) je antriebsmäßig verbunden oder verbindbar ist, wobei eine erste Betriebsart zum Antrieb der Getriebeabtriebswelle (5) von dem eingeschalteten Verbrennungsmotor (1) und eine zweite Betriebsart zum Antrieb der Getriebeabtriebswelle (5) von der zweiten elektrischen Maschine (3) bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor (1) vorgesehen sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens ein Sensormittel (8) vorgesehen ist, welches bei der zweiten Betriebsart, nachdem die Motorabtriebswelle (13) eine vorbestimmte Ruhelage-Drehwinkelstellung erreicht hat, in Abhängigkeit von Drehwinkelveränderungen der Kurbelwelle der Steuereinrichtung (32) Signale liefert, in Abhängigkeit von welchen die erste elektrische Maschine (2) von der Steuereinrichtung (32) ansteuerbar ist, um ein elektrisches Drehmoment zu erzeugen, durch welches

diese erste elektrische Maschine (2) ihre eigenen Schlepp- und Trägheitsmomente mindestens teilweise kompensiert und dadurch am Ausgleichsgetriebe (4) im Wesentlichen drehmomentfrei bleibt oder drehmomentfrei wird, um Verdrehungen der Motorabtriebswelle (13) aus der definierten Ruhelage-Drehwinkelstellung heraus zu verhindern oder solchen Verdrehungen entgegen zu wirken.

2. Hybridantriebsstrang nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensormittel mindestens einen Winkellagenpositionsgeber (8) aufweist, welcher auf Drehwinkelstellungen der Motorabtriebswelle (13) oder eines damit drehantriebsverbundenen Elementes reagiert.

3. Hybridantriebsstrang nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgleichsgetriebe (4) ein Planetengetriebe ist.

4. Hybridantriebsstrang nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (32) derart ausgebildet ist, daß durch ihre Ansteuerung der ersten elektrischen Maschine (2), bei der zweiten Betriebsart bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor (1), Abweichungen der Motorabtriebswelle (13) von ihrer Ruhelage-Drehwinkelstellung innerhalb eines Drehwinkelbereiches von weniger als  $\pm 15$  Grad gehalten werden.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

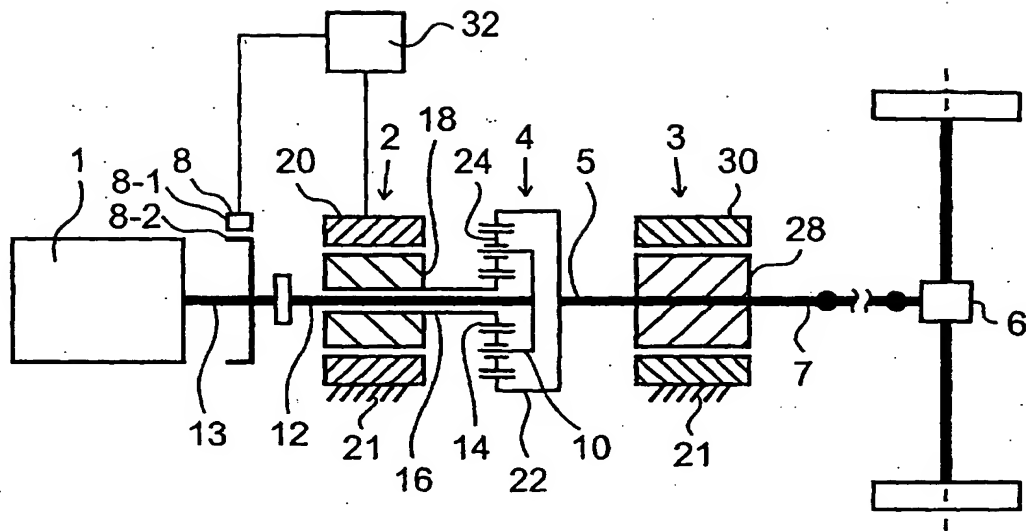


Fig. 1